

11. INSTALACIÓN SOLAR A.C.S.

11.1. Criterios Generales de Diseño

11.1.1. Dimensionado y cálculo

11.1.1.1. *Datos de partida*

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

- Condiciones de uso:
En el caso de agua caliente sanitaria, esta demanda viene dada por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría.
En instalaciones ya existentes para las que se disponga de datos de consumo medidos en años anteriores, se utilizarán estos datos previa justificación de los mismos. En caso de no disponer de datos, se utilizarán para el diseño los consumos unitarios y las demandas energéticas propuestas en el anexo IV del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.
Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas de distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.
- Condiciones climáticas:
Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de red.

11.1.1.2. *Dimensionado básico*

El dimensionado básico de instalaciones se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y al volumen de acumulación solar.

El dimensionado básico de la instalación deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %.

El programa de cálculo utilizado para realizar este estudio es el AcSol 2.0, que utiliza el motor de simulación TRNSYS, y que distribuye la Agencia Andaluza de la Energía.

En instalaciones solares térmicas para ACS, el área total de captadores "**A**" y el volumen de acumulación solar "**V**" han de cumplir ciertas condiciones:

$$50 < V/A < 180 \quad (V \text{ en litros y } A \text{ en m}^2).$$

11.1.2. Sistema de Captación

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor orientación, $\beta_{\text{ÓPTIMA}}$, dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica +10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica -10°

La separación entre filas de captadores ha de ser suficiente para evitar sombras entre baterías.

Las especificaciones técnicas de la Agencia Andaluza de la Energía establecen que la distancia entre comienzo de filas de captadores no sea inferior a la obtenida por la expresión:

$$d = k \cdot l$$

siendo "l" la altura del captador, y "k" un coeficiente obtenido de la tabla siguiente:

INCLINACIÓN	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°
COEFICIENTE	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,97	1,992

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. Para aplicaciones de ACS no se recomienda conectar más de dos captadores en serie. El número máximo recomendado de captadores en paralelo (6 en nuestro caso) está relacionado con la aparición de grandes esfuerzos por dilataciones de los captadores y con el desequilibrio hidráulico intrínseco dentro de la batería.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

11.1.3. Sistema de Acumulación Solar

La experiencia de las instalaciones medidas en el sur de Europa indica que debe tender a diseñarse la instalación de forma que el volumen del acumulador coincida con el consumo diario previsto. Mayores volúmenes de acumulación no proporcionan aumentos significativos en el rendimiento, y volúmenes menores llevan a alcanzar en verano temperaturas superiores a la deseada.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores. Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60° C y hasta 70° C con objeto de prevenir la Legionelosis. Si el sistema de energía auxiliar no está incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de la Legionella.

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán establecidas en los puntos siguientes:

- La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

- c) La entrada de agua fría de red se realizará por la parte inferior del depósito. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo, o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

11.1.4. Sistema de Intercambio

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, en m², cumplirá la condición:

$$P \geq 500 A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

11.1.5. Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico de la instalación comprende varios circuitos:

- Circuito primario (captadores – primario del intercambiador de calor).
- Circuito secundario (secundario del intercambiador – acumulador solar). Los acumuladores con serpentín interno de calentamiento no tienen circuito secundario.
- Circuito de distribución (acumulador solar – intercambiadores de calor individuales)

El caudal de circulación en el circuito primario se determinará en función de la superficie de captadores instalados. Para aplicaciones de ACS se aconseja un parámetro de diseño de 50 l/h por cada m² de captador.

Los caudales de circulación en los circuitos primario y secundario han de ser del mismo orden para asegurar una buena transmisión de calor en el intercambiador.

La velocidad de circulación del fluido será en todo caso inferior a 2 m/s. Las pérdidas de carga por metro de tubería han de ser en todos los tramos menores que 40 mmca/m.

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

11.1.5.1. Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación.

Las tuberías y accesorios se aislarán y protegerán con materiales adecuados para ello.

11.1.5.2.Bombas

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Las bombas se seleccionarán de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificada por el fabricante.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50-100 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

11.1.5.3.Vasos de expansión

El diseño de la instalación deberá prever un sistema que absorba la dilatación del fluido y asegure un valor mínimo de la presión en el circuito. Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

La tubería de conexión del vaso de expansión cerrado no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

11.1.5.4.Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será al menos de 15 cm³ por cada m² de batería.

11.1.5.5.Drenaje

Los circuitos primario y secundario irán provistos de válvulas de seguridad taradas a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de cada uno de los componentes.

La descarga de las válvulas de seguridad se realizará mediante escape conducido a desagüe.

11.1.5.6.Valvulería

Para evitar la circulación inversa se colocarán válvulas antirretorno en los circuitos primario y secundario, así como en la entrada de agua fría del acumulador solar.

Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. En este sentido, se procurará aislar hidráulicamente los sistemas de captación (baterías de captadores), circulación (bomba), intercambio y acumulación.

11.1.6. Sistema de Energía Auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

El sistema de energía auxiliar se diseñará de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar.

La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.

El sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación. Esto no será de aplicación en calentadores instantáneos de gas no modulantes.

Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W/m² de captador. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m² la potencia podrá ser de 1500 W. En el caso de resistencias sumergidas, los valores de disminuirán hasta 150 W/m² y hasta 750 W/m² para instalaciones de tamaño inferior a 5 m². En el caso de sistemas preexistentes, no habrá ningún límite.

11.1.7. Sistema Eléctrico y de Control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario.
- Sistemas de protección y seguridad contra heladas.

El sistema de control del asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

El sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas:

- El 1º control se ocupará del circuito primario y tendrá: Dos sondas de temperatura, una colocada en la parte superior de los captadores y otra en la parte baja del acumulador de inercia. Una salida de relé, hacia la bomba de circulación del circuito primario.
- El 2º control se ocupará del circuito de distribución y tendrá: Dos sondas de temperatura, una colocada en la parte superior del acumulador de inercia y otra en el retorno de la tubería de distribución de los intercambiadores individuales. Una salida de relé, hacia la bomba de circulación del circuito de distribución.

Un tercer sistema de control se dispondrá en los puntos finales de consumo, de manera que el caudal de agua caliente de la distribución no circule por los intercambiadores individuales cuando no se demande agua caliente en el lado secundario de los mismos:

- El 3er control se ocupará de los intercambiadores individuales y tendrá: Un detector de flujo en el secundario del intercambiador. Una electroválvula de 3 vías en el circuito primario del intercambiador.

11.2. Válvulas y Accesorios

La elección de las válvulas se realiza atendiendo a la función que desempeñan y a las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura). Los criterios elegidos son los siguientes:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

A los efectos de estas especificaciones no se usarán de válvulas de compuerta.

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble el diámetro nominal y la presión de ajuste.

Los purgadores automáticos de aire resistirán temperaturas de 150°C.

11.3. Aislamiento

El aislamiento de acumuladores cuya superficie sea inferior a 2 m² tendrá un espesor mínimo de 30 mm. Para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento del intercambiador de calor no será inferior a 20 mm. Los espesores de aislamiento (expresados en mm.) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la tabla siguiente:

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

(*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar

(**) Se escoge la temperatura máxima de red

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la tabla anterior se incrementarán en 10 mm. como mínimo.

Para materiales con conductividad térmica λ , en W/(m*K), distinta de 0.04, el espesor mínimo e (en mm.) que debe usarse se determinará, en función del espesor de referencia e_{REF} (en mm.) de la tabla anterior, aplicando las siguientes fórmulas:

- Aislamiento de superficies planas:
$$e = e_{REF} * \lambda / \lambda_{REF}$$
- Aislamiento de superficies cilíndricas:
$$e = \frac{D_i}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{REF}} \ln \frac{D_i + 2e_{REF}}{D_i} \right) - 1 \right]$$

donde e es el espesor del aislamiento buscado, e_{REF} es el espesor de referencia, D_i es el diámetro interior de la sección circular, y λ y λ_{REF} son las conductividades térmicas. $\lambda_{REF} = 0.04$.

El material aislante se sujetará con medios adecuados de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

11.4. Materiales y Protecciones

Las características principales que han de cumplir los materiales, así como sus protecciones, en las instalaciones de A.C.S. son:

- En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el hierro negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.
- En sistemas directos sólo podrá utilizarse cobre o acero inoxidable en el circuito primario.
- Cuando sea imprescindible utilizar materiales diferentes en el mismo circuito, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.
- En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.
- Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s. y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.
- Cuando se utilice cobre en tuberías y accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y 1,5 m/s en sistemas abiertos.
- Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12.
- Cuando se utilice acero galvanizado en contacto con el fluido de trabajo se evitará que la temperatura del fluido sobrepase 65 °C en periodos prolongados.
- La tornillería y piezas auxiliares estarán protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

- Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

11.5. Estructura Soporte

La estructura soporte del captador se calculará para resistir, con los captadores instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-MV-101-I.979 "Acciones en la Edificación". Las principales características son:

- El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de los captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o el circuito hidráulico.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. Las estructuras de acero podrán protegerse mediante galvanizado por inmersión, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes
- El diseño de la estructura tendrá en cuenta el ángulo de inclinación especificado para el captador, su orientación y la facilidad de montaje, desmontaje y acceso de los captadores.
- La estructura se diseñará y construirá de forma que los apoyos de sujeción del captador sean suficientes en número y tengan el área de apoyo y posición relativa adecuada de forma que no se produzcan flexiones del captador superior a las permitidas por el fabricante.
- El conjunto de la estructura se diseñará para que su peso por m² de superficie proyectada en el plano horizontal no supere 100 Kg./m².
- Para el cálculo de la estructura se tendrá en cuenta lo señalado en las Normas Técnicas de la Edificación del MOPU que le fueran aplicables.
- El anclaje de la estructura se dimensionará de forma que resista las cargas indicadas de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-MV-101-I.979 "Acciones en la Edificación".
- La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.
- Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores de filas traseras.

11.5.1. Recepción y Pruebas funcionales de la Instalación

La recepción y pruebas finales de la instalación se harán conforme a las siguientes pautas:

1. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad.
2. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.
3. Con el fin de probar su estanqueidad, todas las redes de tuberías deben ser probadas hidrostáticamente antes de quedar ocultas por obras de albañilería o por el material aislante.
4. Las pruebas se realizarán de acuerdo con UNE 100.151 "Pruebas de Estanqueidad en Redes de Tuberías".
5. De igual forma, se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar cuando corresponda.
6. Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor

- de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.
7. Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.
 8. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma sea correcto, cuando la instalación satisfaga las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.
 9. Se comprobará que alimentando (eléctricamente) las bombas del circuito, entran en funcionamiento y los incrementos de presión indicados con los manómetros se corresponden en la curva con el caudal del diseño del circuito.
 10. Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

11.6. Mantenimiento

El mantenimiento de la instalación cumplirá los siguientes puntos:

- El instalador garantizará el conjunto de la instalación y los equipos por un periodo de dos años.
- El instalador se responsabilizará del mantenimiento de la instalación durante tres años.
- El mantenimiento implicará una revisión de la instalación con una periodicidad mínima de seis meses.
- El instalador entregará al titular de la instalación un manual de operación y mantenimiento
- El manual de operación y mantenimiento deberá contener:
 - La memoria de diseño de la instalación
 - Instrucciones de operación.
 - Instrucciones sobre las operaciones de mantenimiento exigibles.

Las instrucciones de operación incluirán las siguientes supervisiones mínimas a cargo del usuario, así como los procedimientos correctivos correspondientes:

- Comprobación, en frío, de la presión en el circuito cerrado.
- Comprobación, en frío, del nivel de agua en los vasos de expansión de circuitos abiertos.
- Vaciado de aire de los sistemas de purga.
- Verificación de la alimentación eléctrica.

Las operaciones de mantenimiento exigibles son:

- Control del estado de los captadores solares, estructura soporte, tuberías y aislamientos.
- Comprobación de estado del anticongelante.
- Verificación de la actuación de los elementos del circuito hidráulico: válvulas, purgadores, etc.
- Comprobar presión del vaso de expansión. Verificar prestaciones del intercambiador.
- Revisión de la actuación de los elementos de control y maniobra del sistema eléctrico.

11.7. Datos Numéricos

En el anexo de cálculos se incorpora la información numérica del cálculo correspondiente a la instalación solar para ACS diseñada.